

Construction of learning experiences in educational robotics, for secondary school students based on gamification and integration of information and communication technologies

Bruno Valencia-Rodriguez
*Escuela Profesional de Ingeniería
Electrónica*
Universidad Católica de Santa María
Arequipa, Perú
brunovalenro@gmail.com

Daniela Rivera-Delgado
*Escuela Profesional de Ingeniería
Electrónica*
Universidad Católica de Santa María
Arequipa, Perú
riveradelgadodaniela@gmail.com

Henry Zegarra-Gago
*Escuela Profesional de Ingeniería
Electrónica*
Universidad Católica de Santa María
Arequipa, Perú
hzegarra@ucsm.edu.pe

Abstract– This article presents a proposal of learning experience aimed at students in their final years of secondary education, which integrates the use of different technological tools for the construction by students of their own robots, leaving aside the traditional assembly of pre-fabricated robots; this implies understanding the process of design and manufacture from concepts of geometry and kinematics, on the other hand, the robots must incorporate the necessary electronics, which brings them closer to the fields of electricity, finally through programming achieve the desired behavior of the robot. A general incentive to achieve the same objective is the gamification of the process by generating a competition of speed or trajectory and then creativity between the different robots implemented.

Keywords: robotics, educational robotics, degree of freedom, 3D printing, computer-aided design, learning strategies, kinematics

Digital Object Identifier (DOI):
<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.384>
ISBN: 978-958-52071-4-1 ISSN: 2414-6390

Construcción de experiencias de aprendizaje en robótica educativa, para alumnos de secundaria basadas en gamificación e integración de tecnologías de la información y la comunicación

Bruno Valencia-Rodriguez
Escuela Profesional de Ingeniería
Electrónica
Universidad Católica de Santa María
Arequipa, Perú
brunovalenro@gmail.com

Daniela Rivera-Delgado
Escuela Profesional de Ingeniería
Electrónica
Universidad Católica de Santa María
Arequipa, Perú
riveradelgadodaniela@gmail.com

Henry Zegarra-Gago
Escuela Profesional de Ingeniería
Electrónica
Universidad Católica de Santa María
Arequipa, Perú
hzegarra@ucsm.edu.pe

Resumen— Este artículo presenta una propuesta de experiencia de aprendizaje orientada a alumnos de últimos años de educación secundaria, en la que se integra el uso de diferentes herramientas tecnológicas para la construcción por parte de los estudiantes de sus propios robots, a diferencia de los tradicionales robots pre-fabricados, lo que implica el entendimiento del proceso de diseño y fabricación a partir de conceptos de geometría y de cinemática, sobre los robots armados debe incorporarse la electrónica necesaria, lo que los acerca a los campos de la electricidad; para finalmente a través de la programación lograr el comportamiento deseado del robot. Un aliciente general al logro mismo del objetivo constituye la gamificación del proceso al generar una competencia de velocidad o trayectoria entre los diferentes robots implementados.

Palabras clave— robótica, robótica educativa, grado de libertad, impresión 3D, diseño asistido por computadora, estrategias de aprendizaje, cinemática

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad existe un claro desfase en la formación en los colegios y la universidad, los procesos de enseñanza-aprendizaje tradicionales en la mayoría de los casos no responden a las necesidades de los jóvenes en formación, provenientes de una generación nativa digital, lo que genera el desinterés y poco entendimiento de las ciencias básicas, como la física y la matemática. El presente trabajo de investigación propone una experiencia de aprendizaje que puede integrar un conjunto de herramientas tecnológicas y conocimientos científicos como la electrónica, el diseño asistido por computadora, la programación, entre otras, para acercar a los jóvenes adolescentes de los últimos años de colegio, al entendimiento y aplicación de la robótica. Esta experiencia está en etapa de prueba e implementación en la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica en la Universidad Católica de Santa María de Arequipa.

II. REVISIÓN CONCEPTUAL

A. Robótica educativa

El término “robot” proviene de la palabra checa “robota” que significa fuerza de trabajo o servidumbre, fue usado por primera vez en 1921 por el autor Karel Capek [1]. Según Zapata-Ros [2] el incluir el desarrollo del pensamiento computacional en la educación desde los primeros años es importante para fomentar una educación generalizada. El término “robótica educativa” se entiende como una herramienta que apoya los procesos de aprendizaje al poner en

juego toda la capacidad de manipulación y exploración del alumno para generar conocimientos a través de su experiencia. Se usa la robótica como un medio para comprender y aprender de la realidad nos dice [3]. Este es un proceso que influye en el alumno desde dos ámbitos, el primero es potenciar las características sensoriales del alumno y el segundo es fomentar su capacidad intelectual según [4]. Al hablar sobre robótica educativa [5] la clasifica en dos tipos, a saber: “Robótica en educación y robótica para la educación”, la presente experiencia se orienta al segundo tipo de sistemas.

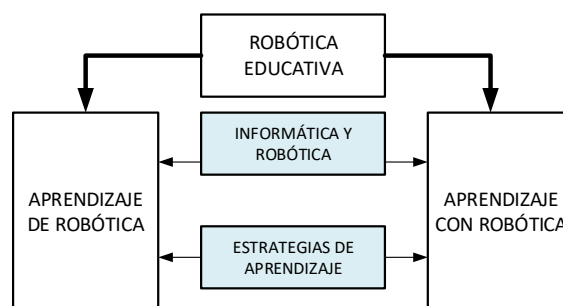


Fig. 1. Tipos de robótica educativa

Par el diseño de una experiencia de robótica educativa se puede aplicar según [6], el siguiente modelo

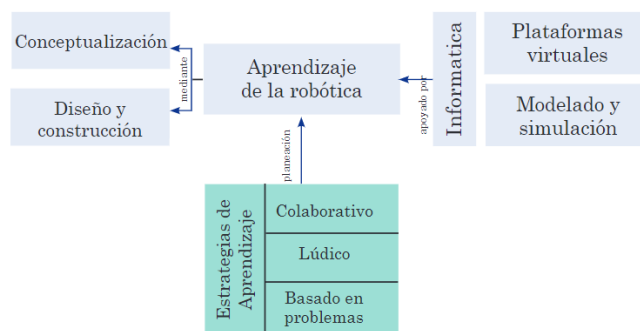


Fig. 2. Enseñanza en robótica (tomado de [6])

B. Tipos de robots

De los robots articulados, los que mejor se ajustan a estas experiencias educativas son:

a) *Orugas*: Los robots tipo oruga poseen dos bandas laterales que le permiten desplazarse, generando una mejor tracción que los robots con ruedas, especialmente en terrenos irregulares como se ve en [7]. El deslizamiento en los giros

es muy grande, por lo que se pierde exactitud en los cálculos y en la posición del robot según [8]. No son muy comunes debido a su poca eficiencia según afirma [7]. Se muestra este tipo de robots en la Figura 3.



Fig. 3. Robot tipo oruga

b) *Cuadrúpedos*: Los robots cuadrúpedos poseen 4 extremidades, según [10] están controladas por servomotores cuya sincronización es complicada. Son perfectos cuando se requiere superar superficies irregulares y se pueden acoplar muy fácil [11].



Fig. 4. Robot tipo cuadrúpedo

c) *Seguidores de línea*: Los robots seguidores de línea poseen la capacidad de desplazarse a lo largo de una trayectoria dada al seguir la ruta dada de manera visual, generalmente se trata de una línea negra sobre un fondo blanco o viceversa. Un seguidor de línea según [11] se basa en las lecturas de sensores para poder generar un cambio en la velocidad y/o sentido de giro de los motores a través de su interpretación por medio de un algoritmo para corregir su trayectoria y mantenerlo sobre la línea.

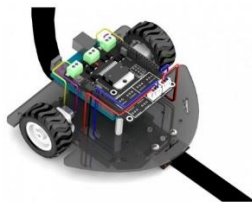


Fig. 5. Robot tipo seguidor de línea

C. Plataforma Arduino

Arduino® es una plataforma de software y hardware de uso libre, flexible y amigable con el usuario lo que facilita su uso. La placa consta de un microcontrolador Atmel AVR que puede ser programado a través del “Arduino Programming Language” y el “Arduino Development Environment”, adicionalmente cuenta con entradas y salidas a las cuales se pueden conectar sensores y actuadores para su interacción con el exterior [12]. El lenguaje de programación es una variante del lenguaje C más amigable con el programador [14]. Esta plataforma es una de las más populares debido a su facilidad de programación y a la amplia variedad de ejemplos que se pueden encontrar en su base de datos o en internet, adicionalmente a ello es la amplia variedad de placas auxiliares compatibles con el sistema que existen en el

mercado que nos permiten ampliar las funciones de nuestra placa principal como se aprecia en [13].



Fig. 6. Arduino nano

D. Impresiones 3D

La impresión 3D es una tecnología de fabricación por adición donde se crea a escala un objeto tridimensional, definido a partir de un sistema CAD (diseño asistido por computadora) a través de una superposición de capas sucesivas de material. La variedad de materiales para impresión nos permite obtener piezas con distintas propiedades físicas y mecánicas [16]. Cada vez son más accesibles y nos facilitan el proceso de fabricación de piezas generando una revolución en los mecanismos de producción, consumo y comercio [15].



Fig. 7. Impresora 3D Geeetech A30

E. Gamificación en el aprendizaje

El término “gamificación” proviene de la palabra en inglés “gamification” [17] hace referencia a la aplicación de conceptos de videojuegos u otras actividades lúdicas. Se basa en la manera en que los videojuegos generan nuevos conocimientos a través de la diversión; se estudian los videojuegos para ver de qué manera producen más diversión y como aplicar ello para generar nuevas estrategias de aprendizaje. La aplicación de la gamificación en la educación consiste en aplicar las estrategias de aprendizaje generadas a base de videojuegos a modo de favorecer la interacción del alumno con el proceso de enseñanza – aprendizaje [18]. Por medio de la gamificación se generan aprendizajes significativos al relacionar la teoría con conceptos fáciles de memorizar para el alumno [17].

Debido a la predisposición del ser humano hacia el juego y la competición se puede motivar más a los alumnos haciendo uso de ello para obtener mejores resultados y mayor motivación en el aprendizaje. Infinidad de estudios demuestran que la dopamina nos motiva en momentos complicados con la idea de una recompensa final, un nivel bajo de este neurotransmisor genera falta de placer y una disminución en la capacidad de resolver problemas; al

aumentar estos niveles por medio de juegos como indica [18] se mejora la capacidad de aprendizaje de los alumnos.

III. LA EXPERIENCIA DE APRENDIZAJE

El constante avance de la tecnología obliga a nuestra sociedad, en especial a los escolares a involucrarse con temas de ingeniería a muy temprana edad, esto otorga una oportunidad a los estudiantes de desarrollar y programar prototipos sin adentrarse a la complejidad inherente de la electrónica, es así que en la actualidad los maestros utilizan módulos de robótica, laptops e incluso pizarras electrónicas en las aulas, la existencia de módulos para este tipo de necesidades ayuda en gran parte a solucionar este tipo de problemas, pero esas tecnologías quizás no toman en cuenta la realidad socioeconómica del país, debido al elevado costo de los módulos y la poca disponibilidad de los mismos, ya que en muchos casos es necesario importarlos del extranjero, resultando en una cantidad reducida de instituciones educativas que puedan aprovechar este recurso y sin llegar a darle un uso efectivo.

El objetivo de esta experiencia es fomentar el interés en ingeniería de los estudiantes de secundaria a través del análisis y uso de sistemas electrónicos tanto en la parte de hardware como software, mediante el uso de un módulo educativo capaz de adecuarse a distintos requerimientos tales como el entorno de programación (Arduino IDE, Scratch o Atmel Studio) o el tipo de aplicación (Seguidor de líneas, Laberinto, Bluetooth).

A. A quienes está dirigido

El curso de robótica educativa está dirigido a escolares cuyas edades oscilen entre 13 y 16 años, que son las edades propias de estudiantes cursando los últimos años de colegio (tercero, cuarto y quinto de secundaria). No existe otro tipo de requerimiento adicional como podría ser haber llevado un curso de programación o robótica previo. Los conocimientos a esa edad serán potenciados por la experiencia tecnológica de los jóvenes (juegos en base a realidad aumentada, 3D, realidad inmersiva, juegos de percepción abstracta, etc.).

B. Estructura de la experiencia de aprendizaje

La estructura que se muestra en la Figura 8 es general, no es específica para una unidad, aquí se presenta solo una experiencia a manera descriptiva, orientado a un robot “cuadrúpedo” llamado ORUGA.

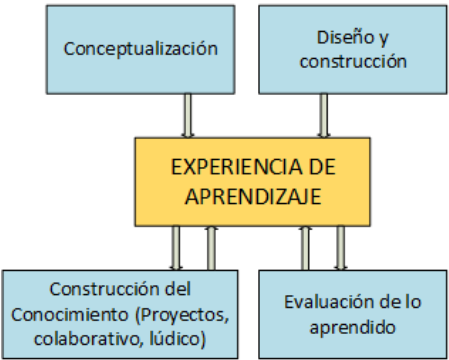


Fig. 8.Experiencia de aprendizaje

a) *Conceptualización*: Incluye el definir el marco teórico asociado al cuerpo de conocimientos apropiado, en este caso electricidad y electrónica, física y biología, así

como el conocimiento mínimo necesario para el manejo de herramientas tecnológicas, tal como se muestra en la Tabla I.

TABLA I
Conceptualización

FICHA DE LA EXPERIANCIA	
Robot: ORUGA	
Campo de conocimiento	Conceptos requeridos
Electricidad y Electrónica	Variables eléctricas, lo digital y lo analógico
	Mediciones
	Sensores y Actuadores
	Motores
	Controlador
Física	Cinemática y Dinámica
Programación	Valores binarios, los bits
	Algoritmos, ejemplos cotidianos
Biología	Qué es una oruga
	Características biométricas
	Para qué está hecha

b) *Diseño y construcción*: en cada una de estas etapas se debe:

- En la etapa de diseño los estudiantes revisaran como una herramienta CAD es capaz de generar archivos para la fabricación de piezas a partir de sus dimensiones geométricas, la mejor forma de implementar ello es a partir del entendimiento por analogía con un ser vivo semejante, luego a partir de piezas previamente fabricadas, recrearán la fabricación de las mismas. Los archivos de diseño serán llevados a la impresora 3D disponible en la universidad para la fabricación de las piezas necesarias. Se muestra en la Figura 9 la visualización mostrada.

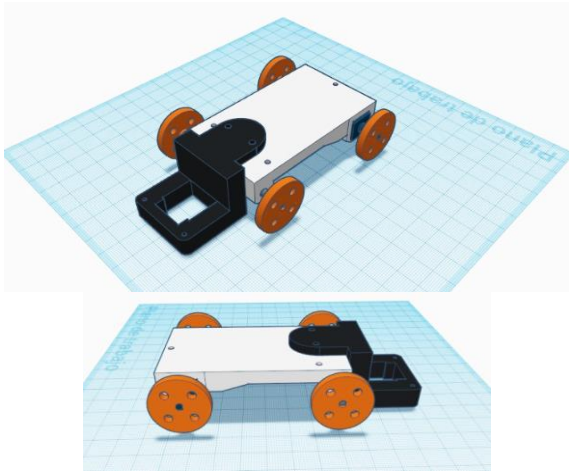


Fig. 9.Visualización CAD
Fuente: elaboración propia

- En la etapa de construcción, con las piezas fabricadas en el paso anterior, ver Figura 10, y las partes electrónicas tomadas de los modos Arduino®, se procede al ensamble del robot, los estudiantes, deberán unir las piezas impresas entre sí. Es el momento en el que podrán entender el concepto de articulación, asociando los tipos de movimiento con la definición de grado de libertad, cada articulación está provista de movimiento por un

accionador o servomotor. Luego las piezas deberán ser unidas a los servomotores ubicados en los espacios apropiados. El robot cuadrúpedo posee dos motores en cada extremidad, por lo que cada una exhibirá dos grados de libertad. Se muestra en la Figura 11 parte de este proceso.

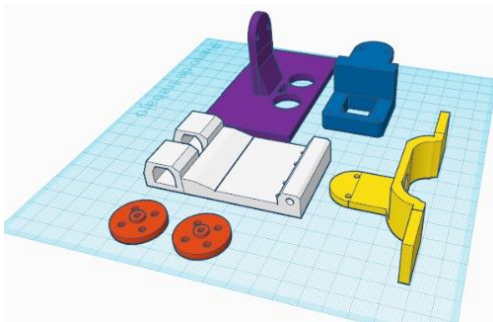


Fig. 10. Piezas a imprimir
Fuente: elaboración propia



Fig. 11. Piezas a ensamblaje
Fuente: elaboración propia



Fig. 12. Proceso de ensamblaje
Fuente: elaboración propia

c) *Construcción del conocimiento:* basado fundamentalmente en la programación del robot, el alumno debe recrear lo que observa al ver funcionar robots y partes semejantes, entendiendo como el robot funciona. Para ello el

docente define las condiciones de funcionamiento a obtener a partir de proyectos, retos que son afrontados de manera grupal. En el caso particular de las orugas, estos son robots contruidos para sortear obstáculos que se presenten en la superficie que recorre. El trabajo en grupo potencia el aprendizaje al volverlo colaborativo y mejora las capacidades de comunicación de los jóvenes.

d) *Evaluación de lo aprendido:* como en escencia estas experiencias no forman parte de la currícula regular, la evaluación tradicional por notas o prueba de conocimientos es inaplicable, luego se ha planteado una evaluación por resultados, de tal manera que los proyectos implementados en cada grupo son puestos en competencia. En este sentido se han utilizado dos modalidades de evaluación:

- Tarea asignada: buscando el robot que con mayor eficiencia (velocidad, menos errores, caídas u otros) pueda cumplir con el objetivo planteado, el objetivo puede ser seguir una línea, completar una pista de obstáculos, controlarlo mediante bluetooth, carreras de velocidad simple, ir en línea recta el tramo más largo, etc.
- Creatividad: una vez que los estudiantes han logrado el control sobre todas las funciones del robot, se les indica que programen lo que ellos deseen, como por ejemplo una melodía utilizando el buzzer del robot, un algoritmo para formar números con el movimiento del robot, es decir creando funciones personalizadas, esta es una tarea individual.

IV. RESULTADOS

Las pruebas hasta el momento han demostrado como el explotar el lado lúdico y la competición inherente en los juegos electrónicos, lleva a los jóvenes a revisar el trabajo hecho, descubriendo errores y mejorando las características que los lleven a ganar en la competición. Esta evaluación por resultados exige que se prevean zonas y espacios de prueba antes de la competición final.

Siguiendo esta metodología se han diseñado e implementado siete modelos distintos de robots y se ha trabajado con cuatro grupos de diez alumnos en promedio, entre trece y dieciséis años, los mismos que han logrado completar las experiencias propuestas sin mayor problema, demostrando la interiorización de los conceptos asociados a las experiencias.

A continuación, se mostrarán algunos de los robots diseñados:

a) *Robot Soccer:*

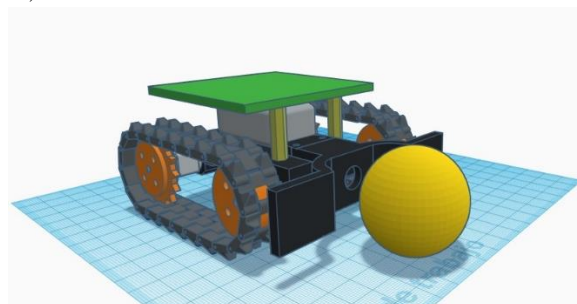


Fig. 13. Modelo en 3D del robot
Fuente: elaboración propia

Para este robot usamos de base el robot oruga para el cual los alumnos diseñaron una pieza en 3D que nos permita empujar una pelota de ping pong, para ello los distintos grupos presentaron distintas ideas hasta, en conjunto, llegar al modelo mostrado en la Figura 14.

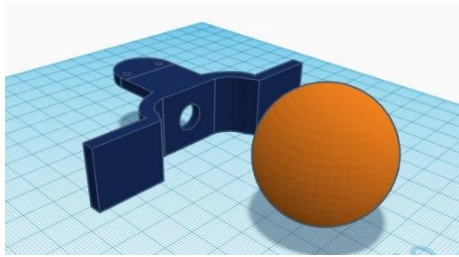


Fig. 14. Diseño de pieza a imprimir en 3D
Fuente: elaboración propia

Después de diseñar la pieza los alumnos definieron por software 4 movimientos del robot; derecha, izquierda, adelante y atrás que se realizaran a una velocidad que ellos pudieran controlar por medio de una aplicación de celular que diseñarían posteriormente usando la plataforma App Inventor.

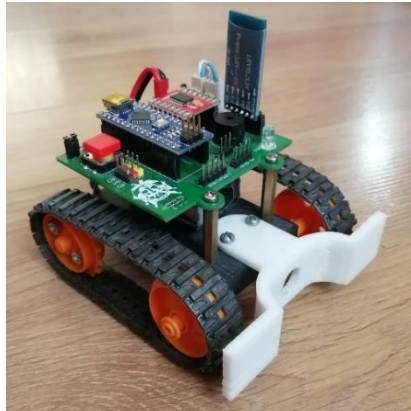


Fig. 15. Prototipo del robot con la pieza ensamblada
Fuente: elaboración propia

b) Seguidor de línea con oruga:

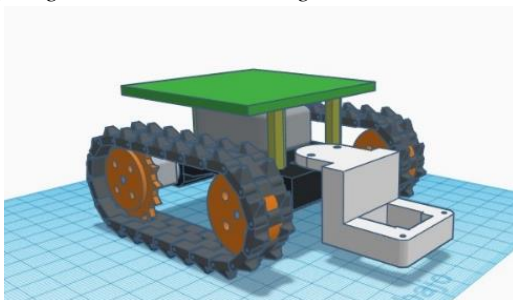


Fig. 16. Modelo en 3D del robot
Fuente: elaboración propia

Al diseño base del robot oruga se le acondicionó un soporte para el sensor de línea diseñado por los alumnos e impreso en 3D.

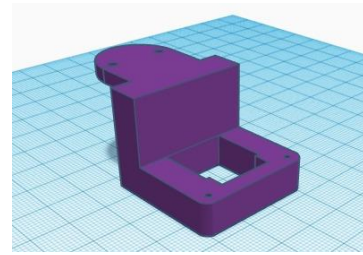


Fig. 17. Soporte diseñado en 3D
Fuente: elaboración propia

En base a los conocimientos ya adquiridos los alumnos iban a modificar el software base para que el robot interprete las señales emitidas por el sensor de línea y pueda seguir de manera correcta el camino que se le ponga. Los alumnos manejaron parametros como la velocidad de giro de los motores o la sensibilidad del sensor para encontrar un balance entre velocidad y culminar el camino.



Fig. 18. Prototipo del robot con el soporte impreso
Fuente: elaboración propia

c) Seguidor de línea nivel escolar:

El prototipo del robot con orugas anteriormente explicado no cumplía con las normas oficiales para una competencia de robótica a nivel escolar debido a los micromotores empleados; por lo que cambiamos las orugas por un par de llantas y los alumnos diseñaron un prototipo impreso en 3D haciendo alusión al “halcón milenario” de la película Star Wars. Se desarrolló una nueva placa con componentes básicos para el funcionamiento del robot y los sensores usados en el seguidor de línea con orugas se mantuvieron, los alumnos usaron de base el código desarrollado con anterioridad e hicieron pequeños cambios en este para que se adecuara mejor a la nueva estructura.

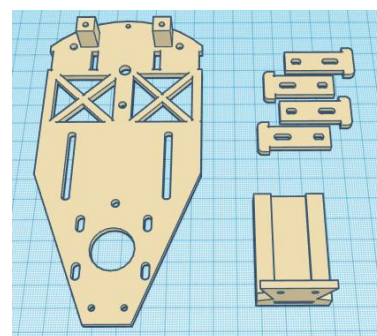


Fig. 19. Piezas a imprimir
Fuente: elaboración propia



Fig. 20. Prototipo de robot ensamblado
Fuente: elaboración propia

Contando con el prototipo terminado, los alumnos mostraron interés en participar de una competencia próxima a realizarse en la ciudad “I TORNEO DE ROBOTICA U LASALLE”, realizando las coordinaciones necesarias, los alumnos llevaron sus robots a la competencia y con la ayuda de los tutores (ante cualquier imprevisto mecánico) realizaron la tarea de programar y explicar la lógica de funcionamiento de sus robots, obteniendo el segundo y tercer lugar en la categoría seguidor de línea escolar y una mención honrosa por haber explicado de forma satisfactoria las partes y algoritmos de su robot.



Fig. 21. Resultados de la competencia
Fuente: elaboración propia

d) Robot resuelve laberinto – Minisumo:

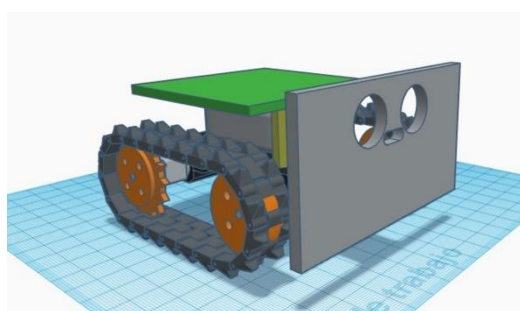


Fig. 22. Modelo en 3D del robot
Fuente: elaboración propia

Este prototipo cumplió varias funciones ya que contaba con un sensor de distancia ultrasónico HC-SR04, acoplado a la pieza diseñada en 3D mostrada en la Figura 23, capaz de detectar objetos hasta una distancia aproximada de 3m, los alumnos lograron aplicar los conocimientos de programación adquiridos con los anteriores módulos y comprendiendo el funcionamiento del sensor ultrasónico, desarrollaron distintas funciones para que el robot realice una acción determinada dependiendo del rango de distancia.

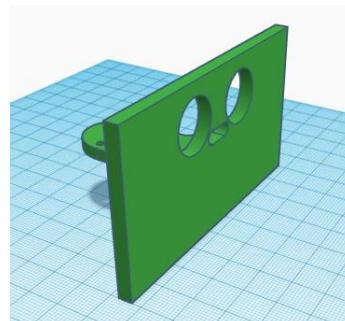


Fig. 23. Pieza diseñada en 3D
Fuente: elaboración propia

De igual forma se trató de imitar las competencias de robot mini sumo realizadas en distintos lugares, con una lógica de programación enfocada en detectar al oponente y empujarlo fuera de un dohyo; se evaluó la creatividad de los alumnos para desarrollar estrategias (uso de funciones y condicionales) de ataque o defensa para evitar ser sacados del área de combate.

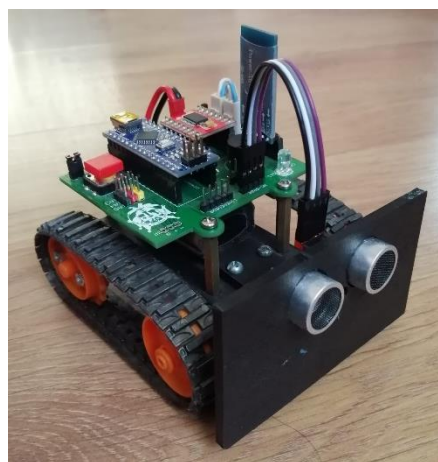


Fig. 24. Prototipo del robot con la pieza diseñada
Fuente: elaboración propia

A medida que íbamos avanzando con el desarrollo de los distintos módulos nos dábamos cuenta del interés creciente de los alumnos por llevar la mayor cantidad de módulos, demostrando ganas de seguir conociendo sobre robótica y aumentar sus conocimientos de programación; estas ganas de seguir aprendiendo hacían que los alumnos nos pidieran retos más grandes conforme iban avanzando de módulos. Algunos alumnos mostraban interés por aprender más acerca del uso de herramientas de modelado en 3D como TINKERCAD, llegando a diseñar solos piezas que no correspondían a los módulos.

El hecho de tener dentro de cada grupo alumnos con un rango de edades variadas podía llegar a generar una

desigualdad al momento de diseñar en 3D o programar el robot, ya que un niño de trece años no ha logrado desarrollar su pensamiento de la misma medida que un niño de dieciséis años, generando en este último mayor facilidad de resolver el problema planteado. Conforme íbamos avanzando en los distintos módulos, los alumnos dentro de los grupos iban desarrollando amistad y compañerismo entre ellos; demostrándolo al ayudar a aquellos alumnos que no dominaban muy bien la programación, logrando que al final de cada módulo todos los alumnos entendieran bien el funcionamiento del robot, se encuentren en la capacidad de programar satisfactoriamente el robot de manera individual y dejando de lado la desventaja mencionada anteriormente.

V. TRABAJOS FUTUROS

Se está trabajando en este momento con el diseño e implementación de los diferentes robots y se ha previsto el trabajo futuro con docentes de secundaria en módulos experimentales para potenciar la parte pedagógica del proyecto. Asimismo, se podrían incorporar algunas herramientas tecnológicas adicionales, como módulos de visión y formas de comunicación para llevar a los robots a trabajar cooperativamente, sin embargo, esto exigiría la tutoría de alumnos de pregrado, por la complejidad de los conocimientos.

VI. CONCLUSIONES

Es necesario la búsqueda de nuevos escenarios de enseñanza-aprendizaje, que se adecúen de mejor manera a las características de los adolescentes, no se puede dejar de lado los recursos tecnológicos existentes, ni menos las nuevas metodologías que ayuden en estos procesos. Desde hace algunos años, el aprendizaje basado en proyectos, la gamificación, el construccionismo del conocimiento y otras son exploradas y usadas cada vez con mayor éxito en la formación universitaria, hoy debe llevarse a edades más cortas y acortar la brecha entre la formación de colegio y la superior.

La robótica educativa debe ir más allá de usar los módulos pre-armados tipo lego, la mayoría de las experiencias actuales trabajan sobre este tipo de módulos, con instrucciones para armar y que solo permiten la creatividad en la etapa de programación. Consideramos que diseñar las estructuras, las partes, llevan a los estudiantes a ver el mundo de una manera diferente, a tratar de entender la dinámica de los seres vivos, como la naturaleza provee de formas y herramientas para enfrentar con éxito ciertas tareas.

Es el reto de quien enseña, el integrar las temáticas y los conocimientos, los conceptos y la teoría a las nuevas herramientas tecnológicas.

La capacidad de materializar los diseños, antes difícil y costoso, se ha visto profundamente viabilizado con el arribo de las impresoras 3D y los suministros que estas utilizan.

El reto que asumen los alumnos de pregrado de guiar a estudiantes secundarios los entrena en el liderazgo y manejo de grupos de trabajo, potencia su capacidad de investigación y búsqueda de nuevos recursos y soluciones.

Se demostró que el empleo de la gamificación permitió a los alumnos absorber conocimientos de forma más amigable, así como la realización de competencias internas y externas, que despertaron la competitividad y pro actividad de la mayoría de alumnos.

El no parametrizar a los alumnos a un solo diseño permitió que ellos se sientan más cómodos al expresar de manera libre sus ideas y mostraron un interés superior al esperado, indagando por su propia cuenta temas de programación y robótica después de cada sesión, permitiéndoles así un enfoque más amplio al momento de resolver una tarea.

Al participar en competencias y ver la capacidad que tenían los alumnos de resolver las tareas planteadas les generó en confianza en las habilidades adquiridas, despertando en ellos el deseo de superarse y aprender más; al mismo tiempo que los enfrentó a fracasos lo que les enseñó a manejar la frustración y sobreponerse a situaciones adversas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresamos nuestro agradecimiento a la Universidad Católica de Santa María y en particular a la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica por el apoyo recibido en la realización del presente trabajo y manifestamos nuestra seguridad de que los resultados a obtener van a ser exitosos, como se puede apreciar en las pruebas actuales.

REFERENCIAS

- [1] M. Pinto, N. Barrero, W. Pérez, "Uso de la robótica educativa como herramienta en los procesos de enseñanza", *Ingeniería Investigación y Desarrollo: I2+D*, vol. 10, no. 1, pp. 15-23, Julio 2010.
- [2] J. García, "Robótica educativa. La programación como parte de un proceso educativo", *RED*, no. 46, 2015.
- [3] N. Barrera, "Uso de la robótica educativa como estrategia didáctica en el aula", *Praxis & Sabers*, vol. 6, no. 11, pp. 215-234, Enero-Junio 2015.
- [4] J. Ocampo, E. Maya, J. Rossette, J. Martínez, M. Barrios, "Diseño y construcción de un prototipo robot seguidor de línea velocista", *Pistas Educativas*, vol. 38, no. 124, pp. 208-218, Junio 2017.
- [5] J. Malec, "Some thoughts on robotics for education", in *Spring Symposium on Robotics and Education*, 2001.
- [6] P. López, A. Sosa, "Aprendizaje de y con robótica, algunas experiencias", *Revista Educación*, vol. 37, no. 1, pp. 43-63, Enero-Junio 2013.
- [7] U. Gonzales, E. Rubio, J. Sossa, "Visión por computadora en un robot móvil tipo oruga", *Research in Computing Science*, vol. 135, pp. 145-157, Diciembre 2017.
- [8] M. Quicaliquin, "Diseño e implementación de un prototipo de robot tipo oruga para exploración en caso de sismos controlado inalámbricamente", Trabajo de titulación, Ingeniería electrónica digital y telecomunicaciones, UISRAEL, Quito, Ecuador, 2019.
- [9] A. Rodríguez, J. Cortéz, "Robot oruga detector y esquivador de obstáculos con fuzzy logic I.A.", *Memorias*, pp. 368-375, Diciembre 2015.
- [10] M. Cevallos, "Diseño y construcción de un robot cuadrúpedo para ingreso a lugares de difícil acceso en caso de emergencias y desastres naturales terrestres", Trabajo de Titulación, Ingeniería electrónica digital y telecomunicaciones, UISRAEL, Quito, Ecuador, 2019.
- [11] O. Gómez, U. Gómez, "Simulación cinemática de un robot seguidor de línea para el desarrollo del videojuego en programación rusty roads en el framework unity", *Inf Tecnol*, vol. 28, no. 5, pp. 55-64, 2017.
- [12] E. Altamirano, G. Vallejo, J. Cruz, "Monitoreo volcánico usando plataformas Arduino y Simulink", *RIDI*, vol. 7, no. 2, pp. 317-329, Febrero 2017.
- [13] M. Perales, F. Barrero, S. Toral, "Análisis comparativo de distintas plataformas para la enseñanza de sistemas electrónicos digitales", *Actas TAAE 2016*, pp. 26-33, Junio 2016.
- [14] A. Rodríguez, S. Paniagua, E. Escobar, G. Ferro, L. Villatarco, "Uso de robot como herramienta pedagógica. Entendiendo el robot seguidor de línea", *Teknos revista científica*, vol. 16, no. 1, pp. 97-104, Julio 2016.
- [15] M. Fressoli, A. Smith, "Impresiones 3D. Fabricación digital. ¿Una nueva revolución tecnológica?", *Integración & Comercio*, no. 39, pp. 112-125, Septiembre 2015.

- [16] V. Rodríguez, J. Salaña, "Prótesis en impresiones 3D de bajo costo Hand To Hand", *congresoutp*, vol. 1, no. 1, pp. 52-55, Junio 2018.
- [17] J. Mera, "Gamificación una estrategia de fortalecimiento en el aprendizaje de la ingeniería de sistemas, experiencia significativa en la Universidad Cooperativa de Colombia sede Popayán", *Rev. Cient.*, vol. 3, no. 26, pp. 3-11, Diciembre 2016.
- [18] M. Martin, "Aportaciones pedagógicas de las TIC a los estilos de aprendizaje", *Tendencias Pedagogicas*, vol. 30, pp. 91-104, 2017.